

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN  
1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW  
(*FRICTION STIR WELDING*) *DOUBLE TRACK***



Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin

Oleh :

**ANDRI SETIAWAN**

**D200120066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM  
PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*)  
*DOUBLE TRACK***

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**ANDRI SETIAWAN**

**D200120066**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

  
**Ir. Bibit Sugito, MT**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) *DOUBLE TRACK*

Oleh :

ANDRI SETIAWAN

D200120066

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 10 April 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. Bibit Sugito, MT


(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir, Masyrukan, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Ngafwan, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

  
(  )  
(  )

Dekan,

  
  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D  
NIK.682

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti atau ketidak benarandalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 April 2018

Penulis



**ANDRI SETIAWAN**

**NIM : D200120066**

# **ANALISA PENGARUH PUTARAN SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN FE-AL DENGAN MENGGUNAKAN METODE FSW (FRICTION STIR WELDING) DOUBLE TRACK**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan pada sambungan baja dengan aluminium menggunakan metode FSW. Material yang digunakan baja st37 dan aluminium.. pada proses pengelasan menggunakan mesin milling konvensional dengan putaran yang digunakan 800 rpm, feed rate 12,5mm/menit, sudut kemiringan  $1^0$  dan dept plunge 1,8 mm. Dari hasil pengujian tarik pada putaran 800 rpm didapatkan nilai tegangan tarik rata-rata 122,2Mpa dan regangan rata-rata 1,85%. Sedangkan pada putaran 1250 rpm didapat nilai tegangan Tarik rata-rata sebesar 123,81Mpa dan regangan rata-rata 1,60%. Kemudian pada pengujian kekerasan pada daerah stir zone 800 rpm menunjukkan nilai 169,3 HVN lebih keras dari pada daerah HAZ dengan nilai 40,2 HVN dibandingkan dengan pengujian pada daerah stir zone 1250 rpm yang lebih rendah dengan menunjukkan nilai 44,3 HVN lebih keras dari HAZ 42,1 HVN.

**Kata Kunci:** friction stir welding double track, baja st37, aluminium 6xxx, tarik, kekerasan.

## **ABSTRACT**

Friction Stir Welding is one type of solid state welding (SSW) where welding Friction Stir Welding utilizes friction between tool and material to be connected. Friction Stir Welding is now widely used in industries in developed countries because of the FSW welding results in a slight deformation and is able to weld difficult materials in fusion welding. This study aims to determine the tensile strength, surface hardness and the ratio of the steel / iron connection with aluminum. Welding research was done by stex iron method with aluminium. In welding process using conventional milling machine with rotational 800 rpm parameter, feed rate 12,5mm / minute tilt angle  $10^0$  and dept plunge 1,8 mm. From result of Pull test obtained the average tensile stress for Friction Stir Welding Double Track on the connection between iron with aluminum 800 rpm is 122.2 MPa and the average strain 1.85%, while at 1250 rpm the average tarin voltage is 123.81 rpm and strain average 1.60%. While the results of hardness testing on the zone Stir Zone area 800 rpm shows the value 169.3 HVN harder than the HAZ area with a value of 40.2 HVN compared with testing in the zone zone 1250 rpm lower by showing the value of 44.3 HVN harder than HAZ 42.1 HVN.

**Keywords:** Friction Stir Welding, st37 steel, copper, tensile, hardness

## **1. PENDAHULUAN**

Dalam dunia industri manufaktur saat ini sering kita jumpai pembuatan produk/komponen yang membutuhkan penyambungan material baik dibidang

otomotif, perkapalan, penerbangan dan lain-lain. Dan pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan yang saat ini sering digunakan untuk penyambungan material. Di jaman modern ini banyak industri manufaktur yang mengembangkan teknik-teknik pengelasan untuk mengikat kualitas produk dan memangkas biaya produksi.

Saat ini proses pengelasan logam diklarifikasikan menjadi dua kelompok yaitu; *Liquid state welding (LSW)*, dan *Solid state welding (SSW)*. LSW adalah proses pengelasan logam yang dilakukan dalam keadaan cair, sedangkan SSW merupakan proses las dimana pada saat pengelasan logam dalam keadaan padat.

Salah satu jenis metode Solid state welding (SSW) yaitu *Friction Stir Welding (FSW)* merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan karena gesekan yang terjadi antara tool dan benda kerja yang akan disambung. Penyambungan ini terjadi karena pengadukan dua sisi potongan logam yang mulai melunak akibat gesekan FSW (*friction stir welding*) ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas pada tahun 1991 di TWI (*The Welding Institute*) Amerika Serikat. FSW dapat diaplikasikan baik di bidang otomotif, perkapalan, penerbangan dan lain-lain.

Pengelasan dengan menggunakan kombinasi material yang berbeda mulai banyak dilakukan dalam dunia industri manufaktur karena dapat meningkatkan efektifitas dan manfaat ekonomis. Besi (Fe) dan aluminium (Al) adalah dua bahan umum yang banyak digunakan dalam dunia perindustrian. Namun karena perbedaan besar dalam sifat fisik dan kimianya, pengelasan dari besi dan aluminium umumnya lebih sulit, studi literatur menunjukkan bahwa adanya beberapa teknik pengelasan yang dapat diaplikasikan untuk sambungan *dissimilar* seperti; brazing, pengelasan gesek (FSW) dan pengelasan ultrasonik.

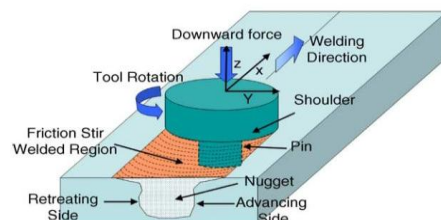
Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada: Metode pengelasan dengan menggunakan metode *friction stir welding (FSW)*, Material yang digunakan adalah besi dan aluminium murni dengan tebal 2 mm, Sambungan menggunakan sambungan butt joint, Parameter yang digunakan pada putaran spindle 800 rpm, 1250 rpm, *Feed Rate* 12,5 mm/menit, sudut kemiringan

1<sup>0</sup> dan *Depth plunge* 1,8 mm, Pengujian yang dilakukan hanya mencakup tentang pengujian tarik, dan pengujian kekerasan.

Muhammad reza (2011), meneliti pengaruh parameter mesin terhadap sifat mekanik material AC4CH dengan metode friction stir welding. variasi parameter yang digunakan adalah putaran tool, bentuk tool ,dan kemiringan tool. Menyimpulkan bahwa metode friction stir welding dapat menghasilkan sambungan yang sempurna. Dimana dengan feeding yang tetap putaran tool semakin tinggi maka kekuatan tariknya semakin menurun. Tool dengan bentuk pin silinder lurus mempunyai kecenderungan mempunyai kemkuatan tarik rendah dibandingkan dengan silinder tirus dan ballnose. Apabila semakin besar sudut tool maka semakin rendah kekuatan tariknya tetapi pada sudut hasil pengelasan tidak baik.

Joaquin (2017) untuk mengurangi berat struktur transportasi, penggunaan struktur hibrida yang terbuat dari baja dan alumunium merupakan cara untuk peaturan emisi gas buang. Bergabung dengan alumunium merupakan tantangan besar dan gesekan stir spot welding (FSW) telah menjadi teknik pengelasan potensial baru untuk menghasilkan sambungan yang berbeda.

*Friction stir welding* merupakan salah satu jenis pengelasan solid state welding (SSW) dimana pengelasan *friction stir welding* memanfaatkan gesekan yang terjadi antara tool dan material yang akan disambung. Friction stir welding pertama kali ditemukan oleh Wayne Thomas dari The Welding Institute dari United Kingdom pada tahun 1991.

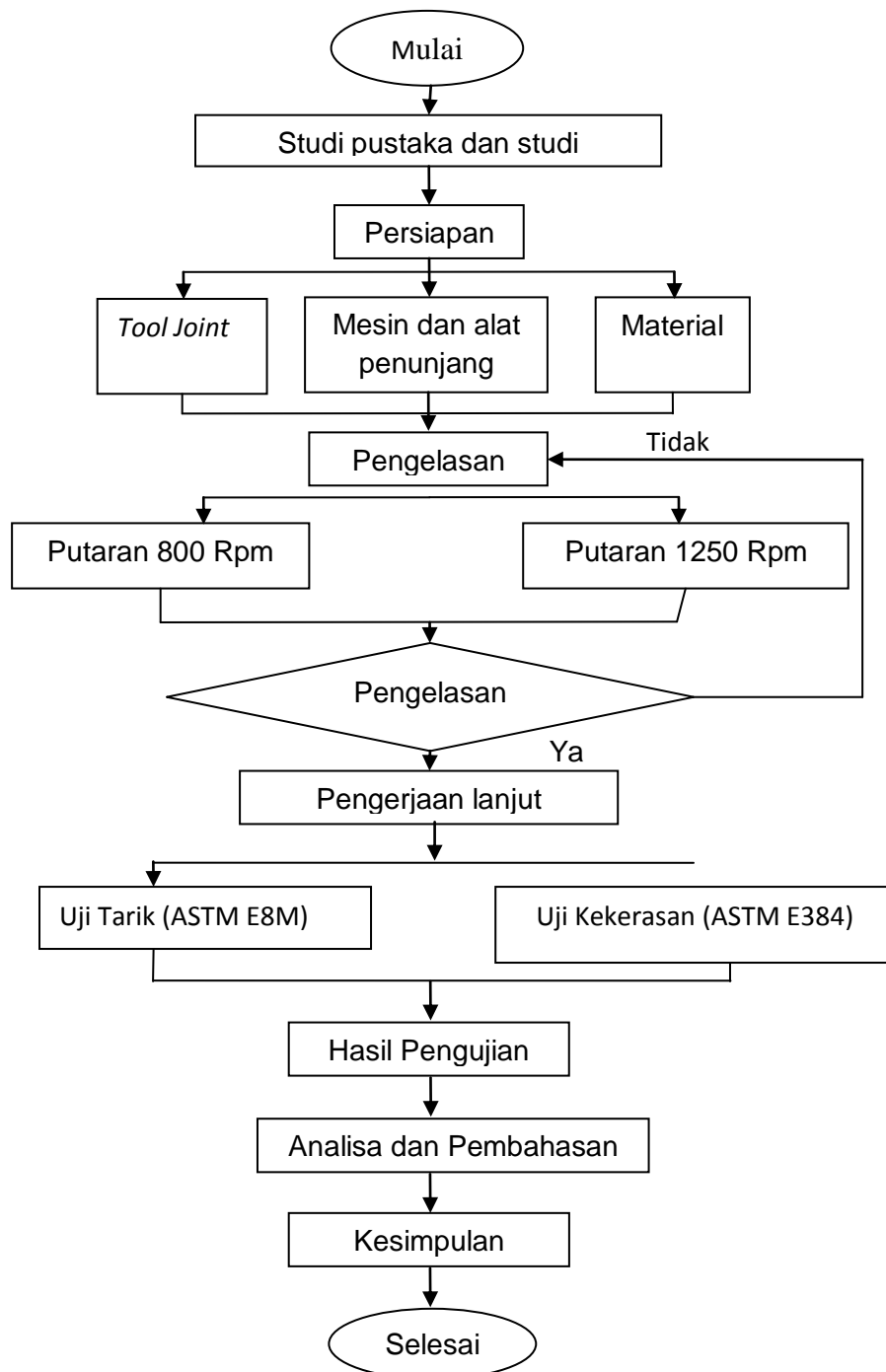


**Gambar 1. Skema friction stir welding**

Pada proses *friction stir welding*, sebuah tool berupa *cylindrical shoulder* yang dilengkapi dengan probe dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang dilas. Benda kerja harus dicekam dengan kuat pada ragam atau fixture untuk mempertahankan posisinya akibat gaya yang

terjadi pada waktu pengelasan. shoulder dari tool harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja dan panjang dari probe harus lebih pendek daripada tebal benda kerja supaya tidak mengai alas benda kerja (*backing plat*).

## 2. METODE



**Gambar 2. Diagram Alir Penelitian**



## 2.1 Bahan dan Alat penelitian

Bahan

- Material : Alumunium seri 6061 dan baja st37

Alat penelitian

- Alat pegelasan : Mesin Milling dan *Tool Joint*
- Alat bantu : Alat ukur, mesin potong, kikir , gergaji potong , Infrared Pyrometer, cekam, jangka sorong, resin, catalys, ampelas.
- Alat pengujian :Alat uji universal testing machine, micro hardness Vickers.

## 2.2 Tempat penelitian

Tempat penelitian : Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta,Laboratorium Balai Besar Latihan Kerja Industri Surakarta (BBLKI), Laboratorium Solo Technopark, Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

## 2.3 Pelaksanaan dan pengujian Pengelasan

Melakukan persiapan dengan membuat atau meminjam alat yang akan digunakan pada proses pengelasan, yaitu : pencekam,tool joint dan mesin serta alat penunjangnya. Membeli material sesuai spesifikasi yang akan digunakan untuk proses pengelasan yaitu material Alumunium dan material tembaga.

Melaksanakan proses pengelasan dengan parameter yang sudah ditentukan, sebagai berikut :

No	Parameter	Nilai
1	Material	Al dan Fe
	<i>Rotation speed(n)</i>	800 rpm
	<i>Welding speed(v)</i>	12,5 mm/menit
	<i>tilt anglle(<math>\theta</math>)</i>	1°
	<i>Depth Plunge(h)</i>	1,8 mm
2	Material	Al dan Fe
	<i>Rotation speed(n)</i>	1250 rpm
	<i>Welding speed(v)</i>	12,5 mm/menit
	<i>tilt anglle(<math>\theta</math>)</i>	1°
	<i>Depth Plunge(h)</i>	1,8 mm

**Tabel 1.** Parameter pengelasan

Pengerjaan lanjut spesimen Hasil pengelasan dibuat berupa spesimen dengan bentuk sesuai standar yang digunakan, yaitu :

- ASTM E8M untuk pengujian tarik.
- ASTM E384 untuk pengujian kekerasan. .

Melakukan pengujian dengan standar yang sudah ditentukan seperti diatas, Hasil Pengujian Mengambil data serta mencatatnya untuk dilakukan analisa dan pembahasan lebih lanjut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Uji Tarik

Hasil pengujian tarik berupa data dapat dilihat pada table berikut

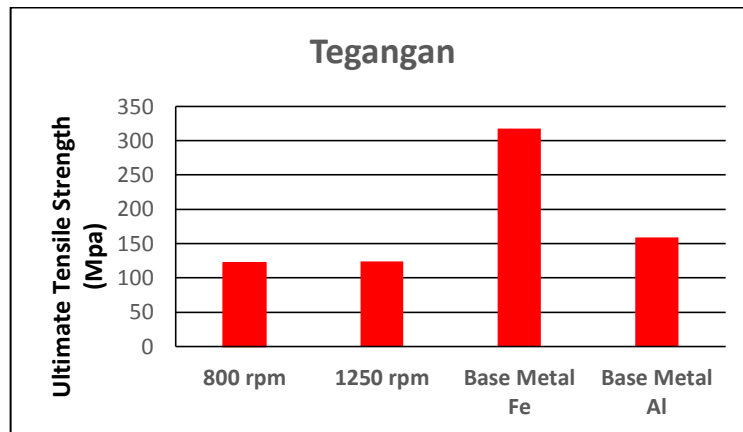
**Table 2.** Tabel Tegangan Hasil Uji Tarik Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm

NO	Rotation speed (Rpm)	A0 (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (Mpa)		Rata-rata $\sigma$ (Mpa)
			$\sigma_1$	$\sigma_2$	
1	800	12	136,38	108,02	122,02
2	1250	12	139,6	108,02	123,81
3	Base Metal Fe	12	365,53	270,49	318,01
4	Base Metal Al	12	154,31	163,48	158,89

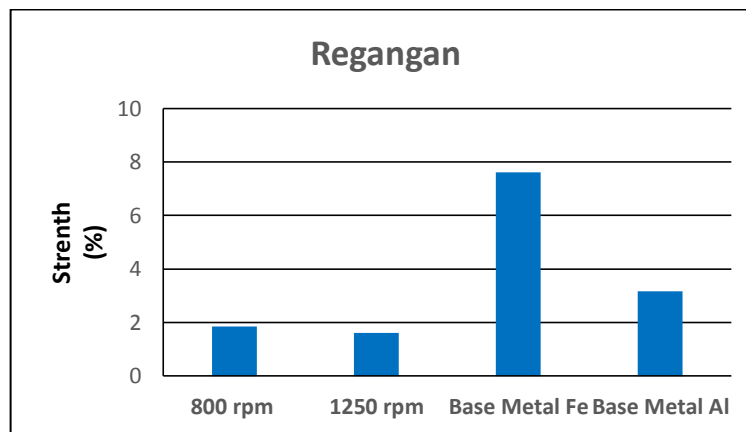
**Table 3.** Tabel Regangan Hasil Uji Tarik Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm

NO	Rotation speed (Rpm)	L0 (mm)	Regangan (Mpa)		Rata-rata $\epsilon$ (%)
			$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	
1	800	32	2,61	1,10	1,85
2	1250	32	2,11	1,10	1,60
3	Base Metal Fe	32	9,53	5,72	7,62
4	Base Metal Al	32	2,13	4,19	3,16

Dari table diatas dapat kita buat grafik agar lebih mudah dalam menganalisa, berikut grafik tegangan dan regangan dari hasil pengujian tarik pengelasan *friction stir welding double sided*.



**Gambar 3.** Histogram regangan hasil uji tarik Fe-Al Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm



**Gambar 4.** Histogram regangan hasil uji tarik Fe-Al Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm

### 3.2 Pembahasan Pengujian Tarik

Dilihat dari table dan grafik hasil pengelasan friction stir welding double sided 800 rpm antara Al dengan Fe mempunyai tegangan tarik rata-rata Sebesar 122,2 Mpa dan memiliki regangan rata-rata 1,85 % dibandingkan dengan sambungan antara Base Metal Fe yang memiliki tegangan rata-rata 318,01 Mpa dan regangan rata – rata 7,62 %. Sedangkan pada base metal pada Al mempunyai tegangan Tarik 158,89 Mpa dengan regangan rata – rata 3,16 %.

Sedangkan dari tabel dan grafik hasil pengelasan fricion stir welding double sided 1250 rpm antara fe dengan Al dengan Fe mempunyai tegangan tarik rata-rata sebesar 123,81 Mpa dan memiliki regangan rata-rata 1,85 Mpa

dan memiliki regangan rata-rata 1,60 % dibandingkan dengan sambungan antara Base Metal Fe yang memiliki tegangan rata-rata 355,88 Mpa dan regangan rata – rata 11,36 %. Sedangkan pada base metal pada Al mempunyai tegangan Tarik 151,72 Mpa dengan regangan rata – rata 1,68 %.

Dari keseleruhan pengujian yang dilakukan patah pada specimen uji besi dan alumunium double track terjadi pada daerah pengelasan.Tetapi ada yang terjadi pada base metalnya.Patah di bagian base metalnya sebagian terjadi pada sambungan antara alumunium dengan alumunium.Sedangkan pada sambungan baja dengan alumunium mengalami patah pada daerah pengelasan.

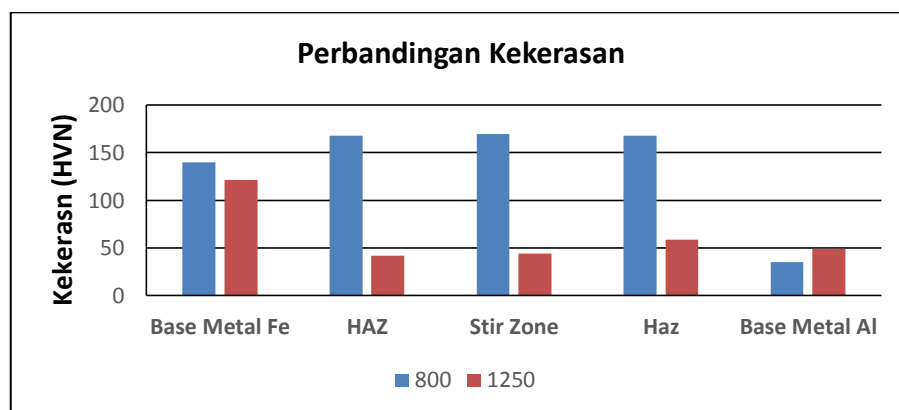
### 3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji micro Vickers hardness machine dengan parameter pengujian sebagai berikut :

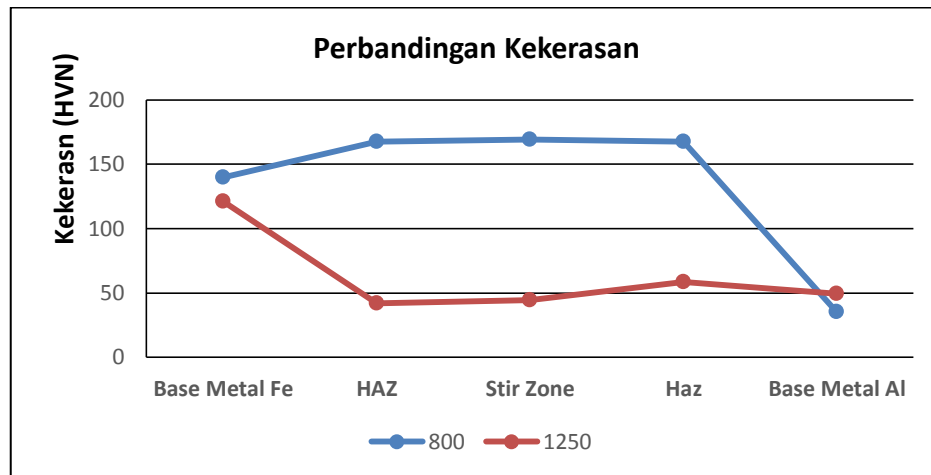
- Beban yang digunakan sebesar 200gf
- Waktu tahan selama 10 detik
- Jarak tiap titik uji 1mm

**Tabel 4.** Tabel Hasil pengujian vikers (HVN) Fe-Al Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm

Rotation speed (Rpm)	Base Metal Fe	HAZ	<i>Stir Zone</i>	Haz	Base Metal Al
800	139,6	167,6	169,3	167,7	35,4
1250	121,1	42,1	44,3	58,4	49,4



**Gambar 5.** Histogram perbandingan uji kekerasan Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm



**Gambar 6.** Grafik perbandingan uji kekerasan Fe-Al 800 rpm dan 1250 rpm

### 3.4 Pembahasan pengujian kekerasan

Dari data dan grafik diatas proses pengelasan friction stir welding double track dengan beda kecepatan pemakanan 800 rpm dengan 1250 rpm pada sambungan baja dengan alumunium dan alumunium-alumunium dapat di lihat bahwa trend dari, HAZ, dan stir zone menunjukkan penurunan kekerasan pada setiap titik yang di lakukan pengujian. Dalam nilai kekerasan pada sambungan alumunium-alumunium ada terjadi penurunan. Karena dalam proses pengelasan friction stir welding dengan cara double track, penyambungan logamnya dilakukan dengan gesekan dan adukan dari kedua sisi atas dan bawah tanpa memasukan logam baruantar material. Dan hasil pengelasan pada daerah base metal tidak bias melebihi kekuatan pada stir zone. Karena sifat dari proses pengelasan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las akibat dari panas yang timbul. Kenaikan pada nilai kekerasan pada daerah las, selain dari karena karakteristik paduan itu sendiri juga karena di sebabkan karena proses pengerasan terjadi ketika proses pengelasan berlangsung.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian proses pengelasan friction stir welding double track yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa tegangan tarik rata-rata untuk friction stir welding double track pada sambungan antara besi dengan aluminium 800 rpm adalah 122,2 Mpa dan regangan rata – rata 1,85% ,sedangkan pada 1250 rpm tegangan tarik rata-ratanya adalah 123,81 HVN dan regangan rata-rata 1,60%, Hasil pengujian kekerasan pada daerah stir zone 800 rpm menunjukkan nilai 169,3 HVN lebih keras dari pada daerah HAZ dengan nilai 40,2 HVN dibandingkan dengan pengujian pada daerah stir zone 1250 rpm yang lebih rendah dengan menunjukkan nilai 44,3 HVN lebih keras dari HAZ 42,1 HVN. Hal ini menunjukkan bahwa penyambungan plat dengan metode pengelasan friction stir welding double track dengan kecepatan pemakanan 800rpm lebih baik dari pada dengan menggunakan kecepatan pemakanan 1250rpm.

#### **4.2 Saran**

Saran yang dapat di ajukan agar percobaan berikutnya lebih baik dan menyempurnakan percobaan yang telah di lakukan dalam penelitian ini adalah: Memilih profil pin dengan tool yang berbentuk ulir supaya pengadukan lebih sempurna, Memperhatikan temperature benda kerja pada saat proses pengelasan, karena perubahan temperature sangat berpengaruh dalam bentuk ikatan logamnya, Untuk mengetahui detail struktur dari hasil pengelasan di butuhkan pengujian lanjutan seperti foto micro dan makro.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Wijayanto, W., 2015, “*Pengaruh sudut kemiringan tool Terhadap sifat mekanik dan struktur mikro plat Aa5083 pada proses Friction Stir Welding*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, “*Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material*”, Erlangga, Jakarta.
- Wirjosumarto, H., Okumura, T., 1994, “*Teknologi Pengelasan Logam*”, Cetakan ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Mishra, R.S., Ma, Y.Z., 2005, Friction stir Welding And Processing Material Science and Engineering, R 50: 1-78.

Ando, Masami., 2016, “*Friction Stir Welding Of F82H Steel For Fusion Applications*”, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) .

Poural. Masaomeh., 2017, “*Journal of Alloys Compounds*”, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

Joaquin., 2015, “Tool Geometry Optimizzation In Friction Stir Spot Welding of Al-Steel Joints”, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).